

Jani Rantala

Aurinkopaneelien hyödyntäminen jäähdytysjärjestelmän pyörittämiseen ABB Wiring Accessories Oy:n tehtaalle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

18.4.2018

Tekijä Otsikko	Jani Rantala Aurinkopaneelien hyödyntäminen jäähdytys järjestelmän pyörittämiseen ABB Wiring Accessories Oy:n tehtaalle
Sivumäärä Aika	24 sivua + 1 liitettä 18.4.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Osmo Massinen tuotantopäällikkö Keijo Kaukonen
<p>Insinöörityön tarkoituksena oli suunnitella aurinkopaneelit pyörittämään jäähdytys järjestelmää ABB Wiring Accessories Oy:n tehtaalle sekä kirjoittaa yleistä tietoa aurinkoenergiasta ja aurinkopaneeleista.</p> <p>Opinnäytössä käytiin läpi aluksi perustietoja auringosta ja sen säteilystä. Käytiin läpi aurinkopaneelien rakennetta ja asennustapoja sekä niiden käyttökohteita. Sen jälkeen perehdyttiin tehtaassa sähkönkulutukseen ja sähkönkulutus järjestelmiin, joilla seuraamme tehtaassa sähkönkulutusta. Lopuksi syvennettiin kustannuksiin, joita tulee aurinkopaneelien mahdollisesta hankinnasta tehtaalle sekä laskettiin takaisinmaksuaika järjestelmälle.</p> <p>Tuloksena sain tehtyä laskelman aurinkopaneeleista tehtaalle ja paljon uutta tietoa aurinkoenergiasta ja aurinkopaneeleista ja niiden asentamisesta.</p>	
Avainsanat	aurinkosähkö, aurinkosähköjärjestelmä, sähkönkulutus

Author Title Number of Pages Date	Jani Rantala Utilizing Solar Panels in Assisting the system at ABB Wiring Accessories Oy Factory 24 pages + 1 appendit 18 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Osmo Massinen, Senior Lecturer Keijo Kaukonen, Production Manager
<p>The purpose of the study was to design solar panels to assist the cooling system at the-ABB Wiring Accessories factory and to write a general report on solar energy and solar panels.</p> <p>The study first clarified basic information about the Sun and its radiation. The structure and installation methods of solar panels and their applications were examined. After that, me learned about the electricity consumption of the plant and its electricity consumption in systems where ABB monitor the electricity consumption of the plant. Lastly, the costs of the possible acquisition of solar panels to the factory and the repayment period for the system were determined.</p> <p>As a result, I made a calculation for the solar panels to the factory and a lot of new information about solar energy and solar panels and their installation.</p>	
Keywords	photovoltaic, solar power system, consumption of electricity

Sisällys

Lyhenteet

1 Johdanto	1
2 ABB Wiring Accessories Oy	2
3 Aurinkoenergia	3
4 Aurinkosähköjärjestelmä	6
4.1 Aurinkojärjestelmän rakenne	6
4.2 12/24 V-Aurinkojärjestelmä ja sen toimilaitteet	11
4.3 230 V-Aurinkojärjestelmä ja sen toimilaitteet	11
4.4 Aurinkosähköjärjestelmän kaksi tyyppiä	11
5 Ennen järjestelmän hankintaa	13
6 Hankinta ja asennus	14
7 Sähkönkulutus tehtaalla	16
7.1 Jäähdytysjärjestelmän sähkönkulutus ABB Wiring Accessoriesilla	18
8 Aurinkopaneelien kustannukset	19
8.1 Järjestelmän kustannus	19
8.2 Järjestelmän takaisinmaksuaika	19
8.3 Energiatuet yrityksille	20
9 Yhteenveto	22
Lähteet	23
Liite 1 Aurinkosähköjärjestelmien keskimääräiset avaimet käteen – asennushinnat vuona 2016	25

Lyhenteet

µsv/h	Mikrosievertiä tunnissa
A	Ampeeri
ABB	Asea Brown Boveri
AC	Vaihtovirta
DC	Tasavirta
I	Sähkövirta
IA	Auringonsäteily
ID	Hajasäteily
IU	Pitkääaltainen säteily
IV	Vastasäteily
K	Kelvin
kW	Kilowatti
kWh	Kilowattitunti
kWp	Kilopiikkiwatti (aurinkopaneelin nimellisteho)
m ²	Neliometri
mWh	Megawattitunti
Off-Grid	Sähköverkon ulkopuolinen tuotantojärjestelmä
On-Grid	Sähköverkkoon liitetty tuotantojärjestelmä
R	Resistanssi
SFS	Suomen standardisoimisliitto
STUK	Säteilyturvakeskus
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
U	Jännite
V	Voltti

1 Johdanto

Ihmiskunta ottaa huomioon yhä enemmän ympäristöä erilaisten valintojen edessä. Kodin isoimpia kulutuksen kohteita ovat sähkölaskut, koska sähköä kulutetaan hyvin paljon veden tai kodin lämmitykseen sekä erilaisiin sähkökoneisiin. Aurinkoenergia onkin nyt ja tulevaisuudessa yksi parhaista varteenotettavista vaihtoehtoisista energiamuotoja mietittäessä.

Uusiutuvat energiajärjestelmät ovat paljon ydinvoimaloita ympäristöystävällisempi toimintatapa valmistaa sähköenergiaa. Auringosta saatava lämmitys muoto on tällä hetkellä suosituin järjestelmä huoneistoissa, koska kustannukset ovat alhaisemmat niissä paneelien rakenteen ja toimintatavan takia. Myös aurinkolämpöjärjestelmän hyötysuhde on parempi ja sitä myötä takaisinmaksuajat pienemmät.

Hyötysuhde aurinkopaneeleissa on vain noin 22 %, siksi aurinkopaneeleita pidetään aurinkosähköjärjestelmän heikoimpana kohtana. Aurinkosähköjärjestelmät ovat kovalla vauhdilla kasvussa markkinoilla, ja ne tulevat nostamaan markkina osuuttaan tulevaisuudessa. Tekniikan kehittyessä tulevaisuudessa hyötysuhteet saadaan nousemaan ja takaisinmaksuajat lyhemmäksi.

Opinnäytetyö tehtiin ABB Wiring Accessories Oy:lle nostamaan aurinkoenergiajärjestelmien tietämystä ja selvittämään mahdollisuutta rakentaa aurinkopaneelijärjestelmä käyttämään jäähdytyslaitteistoa tehtaalla. Työssä paneudutaan aurinkopaneelijärjestelmään yleisesti ja sen toimintaperiaatteisiin. Lisäksi työssä selvitetään nykyhetken sähkönkulutus tehtaalla sekä kustannuslaskelma mahdollista aurinkojärjestelmää varten.

2 ABB Wiring Accessories Oy

ABB:n Wiring Accessories –yksikkö kuva 1 valmistaa, markkinoi ja kehittää asuin- ja toimistorakentamiseen asennustarvikkeita ja asennuskalusteita. Tuotetarjontaan kuuluu myös energiatehokkuutta edistäviä älykkäitä taloautomaatioratkaisuja, kuten kodin ohjaukseen ABB free@home-järjestelmä ja liikerakentamiseen KNX-taloautomaatio sekä Welcome-ovipuhelinjärjestelmä.

Asennustuotteet ovat suunniteltu helpoiksi asentaa ja toimintavarmiksi sekä turvallisiksi. Asennustuotteiden suunnittelussa on huomioitu ihmisten vaatimukset niin kodeissa kuin toimistorakentamisessakin.

KNX-taloautomaatiota hyödynnetään esimerkiksi valaistuksen, lämmityksen ja ilmastoinnin automaattiohjaukseen niin asuinkeskuksissa, liikekeskuksissa, liikuntahalleissa, kouluissa kuin rivitaloissa. Viisas taloautomaatio tuottaa rakennuksille muunneltavuutta, joustavuutta ja energiansäästöä.

Suomen ABB:n yksikkö vastaa Pohjoismaisista markkinoista. Tehtaassa valmistetaan vuodessa noin 25 miljoonaa tuotetta. [1.]



Kuva 1. ABB Asennustuotteet Oy [1.]

3 Aurinkoenergia

Maa kiertää aurinkoa ympäri. Auringon ja maan välinen välimatka on noin 150 miljoonaa kilometriä. Pintakerroksesta löytyy vetyä noin 71 %, heliumia 27 % ja loput aineet 2 %. Pinalämpötila auringossa on noin 5511,85 °C.[2.]

Aurinkoon tuleva säteily tapahtuu siten, että auringon keskiössä vety muuttuu heliumiksi. Auringossa yhdistyy vetyatomien ydin, protonit ja neutroneja heliumatomien ytimeksi, jolloin energiaa vapautuu suuria määriä. Tällaista tapahtumaa kutsutaan fuusioksi.[2.]

Auringon kokonaissäteily muodostuu suoraan tulevasta hajasäteilystä ja säteilystä. Hajasäteily on pilvien ja ilmankehän tuottamaa säteilyä ja maan pinnalta heijastuvaa hajasäteilyä. Aurinkopaneeleihin tulevalla säteilyllä ei ole merkitystä, onko se hajasäteilyä vai suoraa säteilyä, koska paneelit pystyvät käyttämään kumpaakin säteilyä loistavasti.

Passiivista säteilyä käytettäessä säteilyenergia kerää rakennukseen energiaa ja lämpö muuttuu sitä kautta rakennukseen. Hyvin suunnitteleamalla ja sijoittamalla rakennukseen voidaan saada jopa viidesosa lämmöntarpeesta passiivisella aurinkoenergian tuotolla.

Aktiivista aurinkolämpöjärjestelmää käytettäessä auringon säteily siirretään lämmöksi mustassa aurinkokeräimessä. Aine, joka kulkee aurinkokeräimissä, lämpenee ja kohdistaa lämpönsä putkistosta lämpövaraajaan. Järjestelmän toimivuuteen tarvitaan pumppu ja ohjausautomaattikkaa.

Aurinkosähköjärjestelmissä auringon säteily muuttuu aurinkopaneeleiden kautta tasasähköksi ja ohjataan akkuun. Akuista tuotettua sähköä käytetään yleensä valaistukseen tai televisioon. Aurinkosähkö on arvokasta vielä ja sitä käytetään yleisesti vain esimerkiksi kesämökkeihin tai asuntovaunuihin. [2.]

Auringon säteily maapallolla

Erat ym.[2.] Aurinko-opas kirjassa toteavat, että fuusion toteuttamassa massamuutoksesta vapautunut energia antaisi auringolle jopa $3,9 \times 10^{23}$ kW:n kokonaistehon. Tästä saapuu maapallon pinnalle $1,8 \times 10^{14}$ kW. Lukema on 20 000 kertainen määrä, mitä maapallolla käytetään lämmitykseen ja teollisuuteen. kuva 2.[2.]

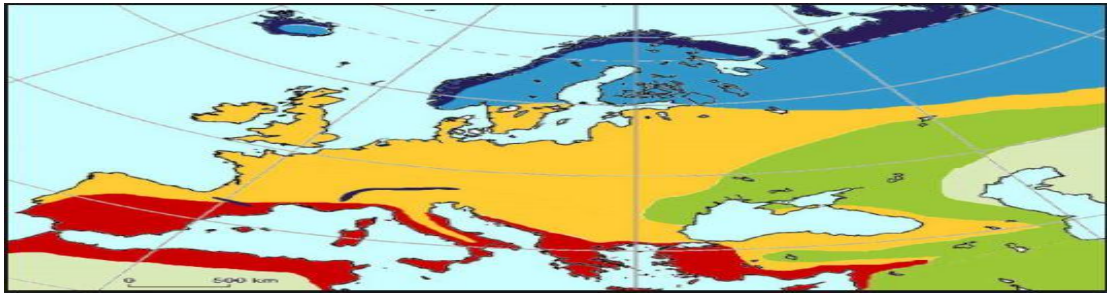
Yhden neliömetrin kokoinen pinta-ala ilman ulkopuolelta säteilyä vastaa kohtisuoraan tullessaan auringon säteilytehoa eli aurinkovakiota noin 1,36-1,38 kW. Energiämäärää joka tulee sekunnissa pinta-alalle maanpinnalla, sanotaan välittömäksi aurinkovakioksi. Välitön aurinkovakio on 0,9 ja $1,2 \text{ kW/m}^2$:n väliltä. Ilmakehä koostuu vesihöyryistä ja molekyyleistä sekä pölyistä ja saasteista, jotka huonontavat auringonsäteilyä maan pinnalle. [2.]

Maan pintaan kohdistuva säteily viitaten kuvaan 2 jakautuu kolmeen eri ryhmään ilmakehän muutosten takia:

- hajasäteilyyn
- suoraan auringonsäteilyyn
- ilmakehän vastasäteilyyn.

IA eli suora auringonsäteily tarkoittaa läpi ilmakehän tulevaa auringonsäteilyä. ID eli hajasäteily on ilmakehän molekyyliden ja pilvien muodostamaa säteilyä ja maasta heijastuvaa hajasäteilyä. Ilmakehän vastasäteilyä (IV) muodostavat ilmakehän hiilidioksidi, otsoni ja vesihöyry. Nämä tuottavat lämpöä takaisin maanpinnalle, mitä nimitetään kasvi-huoneilmiöksi. [2.]

Kokonaissäteilyenergia voidaan laskea, kun yhdistetään hajasäteily, suora auringon säteily ja vastasäteily. Pinnalle jäävä teho (I) lasketaan, kun kokonaissäteilyenergiasta poistetaan takaisin avaruuteen menevä pitkäaaltoinen säteily (IU). [2.]



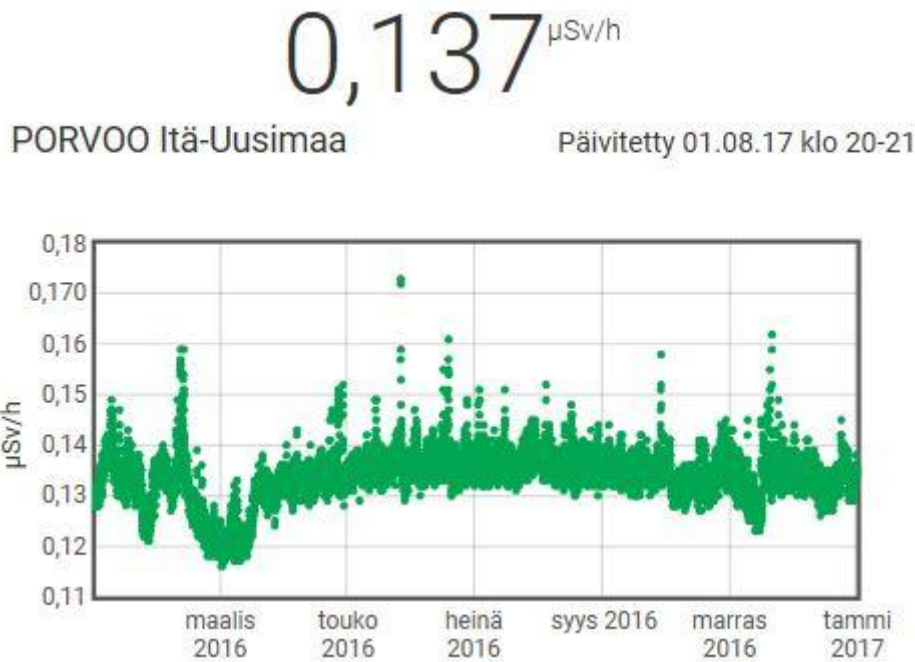
Kuva 2. Auringon säteily maailmalla [2.]

Auringon säteily Suomessa

Suomessa saa kesällä auringon säteilyä jo enemmän kuin Euroopassa johtuen pitkistä päivistä. Eniten Suomessa aurinko paistaa huhtikuusta syyskuuhun välisen ajan. Auringon paistetta Suomessa saadaan nauttia noin 1685 tuntia vuodessa. [2.]

Aurinkolämpöä käytetään hyväksi Suomessa suurimmaksi osaksi talojen lämpimän veden lämmittämiseen sekä kylmäilmakuivureiden esilämmitykseen. Aurinkosähkön tuotantoa Suomessa hyödynnetään melko vähäisen, yleensä asuntovaunuihin tai kesämökkeihin. [3.]

Suomessa taustasäteilyä tulee noin 0,04-0,29 mikrosievertiä tunnissa kuva 3 ($\mu\text{Sv/h}$). Muunnos annostelunopeuksissa tapahtuu jo uraanipitoisuuseroista maaperässä ja kallio perässä. Jää- ja lumikerros heikentää maaperästä tapahtuvaa säteilyä. Paikallisesti annostelunopeus voi kohota jopa hetkellisesti yli $0,4 \mu\text{Sv:n/h}$ suurien ja voimakkaiden ukkossateiden yhteydessä. [4.]



Kuva 3. Porvoon taustasäteily määrä [4.]

4 Aurinkosähköjärjestelmä

4.1 Aurinkojärjestelmän rakenne

Aurinkosähköjärjestelmä koostuu kaapeloinnista, paneeleista, inverttereistä, kytkinkote-loista ja suojalaitteista kuva 4. Järjestelmä muodostaa sähköä paneelien piikideraken-teessa olevien fotonien avustuksella. Tuotettu tasasähkö siirretään kaapeleiden kautta inverttereihin. Invertteri muuntaa tasasähkön vaihtovirraksi, jota käytetään asuinraken-nusten laitteissa. Paneelien tuottama tasasähkö voidaan myös hyödyntää tasasähkö tuotteissa.

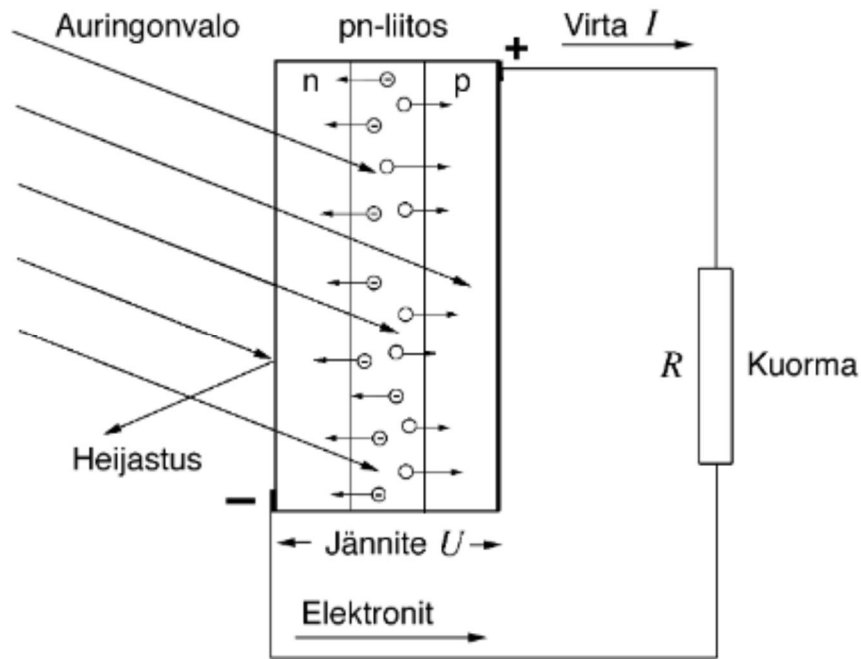
Aurinkopaneeleilla tehty tasasähkö saadaan muutettua vaihtovirraksi joko yhdellä keski-tetyllä invertterillä tai monella paneelikohtaisella mikroinvertterillä. Mikroinverttereiden hankinta on kallista, mutta niillä pystytään estämään heikommin tuottavan paneelin vai-kutusta järjestelmän tuottoon. Varjostuksesta tai ongelmasta riippuen heikommin sähköä tuottavat paneelit pystytään ohittamaan asentamalla aurinkopaneeleille ohitusdiodit. Sähköverkkoon liitetyissä järjestelmissä vaaditaan myös vaihtovirtapiirin turvakytin säh-köverkosta poistamista varten. Järjestelmän ja invertterin syöttämän sähkökeskuksen välissä olevan turvakytimen täytyy olla verkkoyhtiön vapaasti käytettävissä ja lukitta-vassa kaapissa. Verkkoyhtiö voi huoltaa tällä tavoin turvallisesti ja huolella. [2.]



Kuva 4. Aurinkosähköjärjestelmän periaatekuva. [5.]

Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit muodostuvat useammasta sarjaan kytketystä kennosta, näitä ympäröivästä kehikosta, aurinkokennoja suojaavasta lasista ja kapselointifolioista kuva 5. Niihin kytketään myös sähkörsiat. Silloin kun aurinkosähköpaneeli kytketään tuottamaan, kuten akustoon, näin tulee sähkövirtapiiri. Nykyään aurinkopaneelien hyötysuhde on hyvissä olosuhteissa noin 25 %, kuitenkin normaaleille kuluttajille myytävät aurinkopaneelit ovat hyötysuhteeltaan vain 10–15 %. Paneelien ja kennojen hyötysuhde on normiolosuhteissa erilainen, sillä kennojen kytkemisessä syntyy hyötysuhdehäviöitä, jolloin paneelissa on yleisesti 1–2 % heikompi hyötysuhde. Mikäli auringon säteilyenergiasta saataisiin kuluttajalle sähköön todellinen hyötysuhde, pitää ottaa muistiin myös aurinkosähköjärjestelmän kaikki tarvittavat osat, kuten akuston ja johdotuksen hyötysuhteet. Yhdessä näitä kutsutaan aurinkojärjestelmän hyötysuhteeksi. [5.]



Kuva 5. Aurinkopaneelin toimintaperiaate [5.]

Inverterit

Konttoreiden käyttöasteen ja järjestelmän käyttölaitteiden suhteen kasvaessa halukkuuden halujen myötä on tullut mahdolliseksi varustaa aurinkosähköjärjestelmä vaihtosuuntaajalla eli invertterillä, joka muuttaa akuista tuotettavan 12 voltin tasajännitteen 230 voltin vaihtojännitteeksi. Kaikilta toimittajilta löytyy varastoista 12 voltin järjestelmään soveltuvia laitteita aina kahvinkeitimestä jääkaappiin, valitettavasti niiden hankintahinta on kallis. Kalliimmat invertterit tuottavat kirkasta siniaaltoa eli verkkosähkössä käytettävää sähköä, joten hankalimpienkin kotitalouslaitteiden pitäisi toimia ilman häiriöitä. Hyötysuhteeltaan laadukkaimmat invertterit ovat noin 92 prosenttia. Edullisemmat invertterit tuottavat muunneltua siniaaltoa eli kanttiaaltoa, joka voi aiheuttaa häiriöitä herkissä laitteissa esimerkiksi kannettavassa tietokoneessa ja televisioissa. [2.]

Akut

Kaikkiin akkuihin pystytään varastoimaan energiaa sähkökemiallisesti. Aurinkosähköjärjestelmän akut varastoivat 12/24 V tasasähköä, jota toimitetaan sähköpiirin tasasähkökuormille. Aurinkosähköjärjestelmä ei varastoi ikuisesti energiaa, vaan yleensä keskustellaan päivä- tai viikkotasoisesta varastoinnista. Aurinkosähköjärjestelmien akkujen täytyy kestää syväpurkautumisia sekä vaatia vain hiukan korjausta eikä akuissa saa tapahtua itsepurkautumisia. Myös akkujen lataushyötysuhteen täytyy olla kunnossa, jotta järjestelmän kokonaishyötysuhde ei kärsisi paljon. Koska aurinkosähköjärjestelmällä tuotettu sähkö ja sen käyttö on kausittaista, täytyy akkujen kestää nopeaa purkaus-latauskiertoa. [2.]

Akut luokitellaan erilaisiksi sen mukaan, minkä tyyppisistä elektrodeista se koostuu. Käytetyin aurinkosähköjärjestelmässä käytössä oleva akku on lyijyakku, joka muodostuu lyijylevyistä, ja nesteenä on rikkihappoa. Lyijyakku on halvempi ja parempi suorituskyvyltään, mutta se ei välttämättä kestä hyvin syväpurkauksia kuin nikkeli-kadmiumakku. Nikkeli-kadmiumakulla on lyijyakkua pidempi kestävyys, mutta se on myös arvokkaampi hinnaltaan. Akusto pitää olla mitoitettu kulutuksen ja aurinkojärjestelmän koon mukaan, koska silloin aurinkojärjestelmän hyödyistä saadaan paras mahdollinen tulos. Mitoituksessa lähtökohtana voidaan pitää sitä, että akuston kapasiteetin täytyy vastata 3–50 vuorokauden sähkönkulutusta. [2.]

Lataussäädin

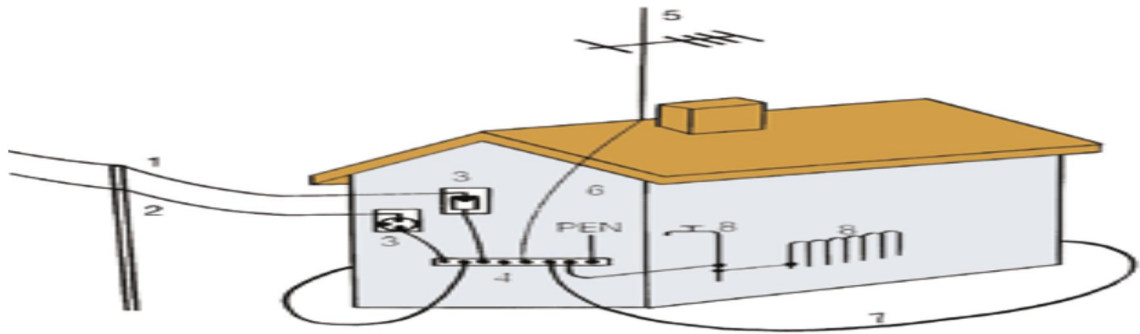
Lataussäädintä käytetään ainoastaan, jos aurinkosähköjärjestelmään on kytketty akusto. Lataussäädin valvoo aurinkosähköpaneelilta akuille tulevaa jännitettä niin, ettei akku vahingoitu. Lataussäädin estää yllilatautumisia ja syväpurkauksia sekä kasvattaa siten akkujen käyttöikää. [2.]

Ukkossuojaus ja maadoittaminen

Ukkossuojauksella turvataan rakennusta ja sen sisällä olevia tavaroita salaman mahdollisilta aiheuttamalta tuholta tuomalla salama ukkosjohdinta pitkin maahan. Salaman isku voi synnyttää suuren ylijännitteen järjestelmään ja voi täten tuhota laitteita ja olla vaaraksi eläimille ja ihmisille.

Kuvassa 6 on esitetty rakennuksen ukkossuojaus- ja maadoitusjärjestelmän rakenne

- 1 = sähköjohto
- 2 = telejohto
- 3 = ylijännitesuoja
- 4 = maadoituskisko
- 5 = antenni, salamansieppaaja
- 6 = maadoitusjohdin antennille
- 7 = rakennuksen maadoitus
- PEN = yhdistys pääkeskuksen maadoitusjohtimeen



Kuva 6. Periaatekuva talon maadoittamisesta [6.]

Ukkossuojaus toteutetaan tuomalla sieppaajan keräämät salamaniskut hallitusti ja turvallisesti maadoituselektrodiin. Maadoituselektrodi asennetaan rakennuksen perustuksiin, näiden alle maahan tai laittamalla perustusten ympäri kiertävä elektrodi kuva 6. Aurinkosähköjärjestelmää ei ole standardeissa määrätty vaadittavaksi kiinni ukkossuojaukseen. Mikäli rakennuksessa on jo maadoituselektrodi, tulee aurinkosähköjärjestelmä kytkeä elektrodiin. [6.]

4.2 12/24 V-aurinkosähköjärjestelmä ja sen toimilaitteet

12/24 voltin aurinkosähköjärjestelmä on hyvä erilaisiin kohteisiin, joissa ei ole 230 voltin sähköverkkoon kytkettyä järjestelmää. Aurinkosähköjärjestelmällä voidaan syöttää suoraan tasakuormia ja säästää sähköenergiaa akustoihin. Sähkökuormaksi yleensä käy mikä tahansa 12/24 V:n tasajännitteellä kytketty sähkölaite, esimerkiksi vesipumppu, jääkaappi tai kahvinkeitin. Aurinkosähköjärjestelmä pystytään asentamaan myös kesämökkiin tai asuntovaunuun, jossa sen tuottamalla 12/24 V:n tasasähköllä voidaan käyttää esimerkiksi asuntovaunussa valaistusta. [6.]

4.3 230 V-aurinkosähköjärjestelmä ja sen toimilaitteet

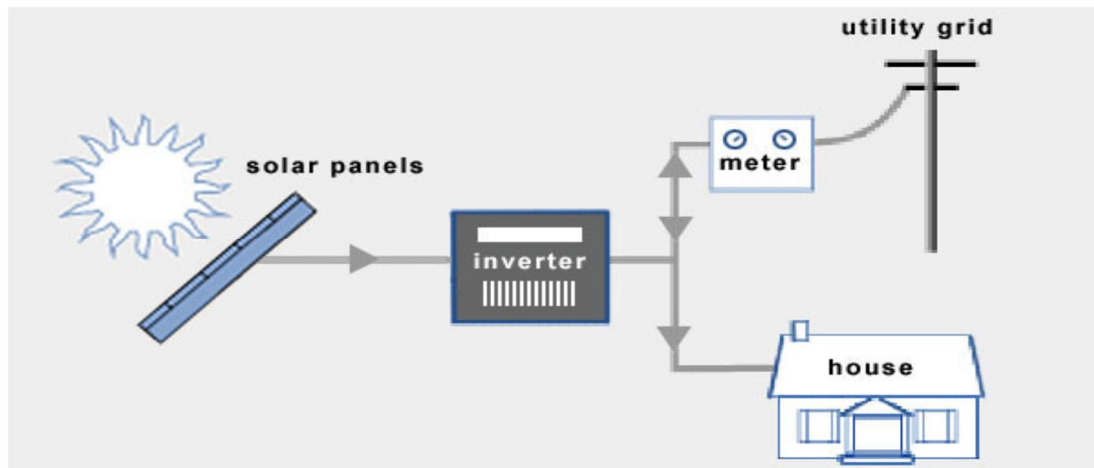
230 V-järjestelmästä tulevaa sähköä voidaan hyödyntää kaikkiin 230 voltin verkkoon liitettyihin sähkölaitteisiin, esimerkiksi televisioon, jääkaappiin ja ilmastointikoneeseen. Myös aurinkosähköä voidaan hyödyntää veden tai huoneiden lämmitykseen. Mikäli sähköjärjestelmä on liitetty valtakunnalliseen verkkoon, voidaan siihen verkonhaltijan suositumuksella siirtää omasta tarpeesta ylijääneen sähkön. Verkonhaltija maksaa ylijääneestä sähköstä sähkön tuottajalle markkinahintaisen summan, josta pitää tehdä sopimus ostajan kanssa. [6.]

4.4 Aurinkosähköjärjestelmän kaksi tyyppiä

Aurinkosähköjärjestelmistä löytyy kahden tyyppisiä järjestelmiä: on-grid-järjestelmä ja off-grid-järjestelmä. Järjestelmän nimityksestä tulee esille, onko järjestelmä kytketty sähköverkkoon kiinni (on-grid) vai onko järjestelmä kykenevä toimimaan itsenäisesti (off-grid). [7.]

On-grid-järjestelmä

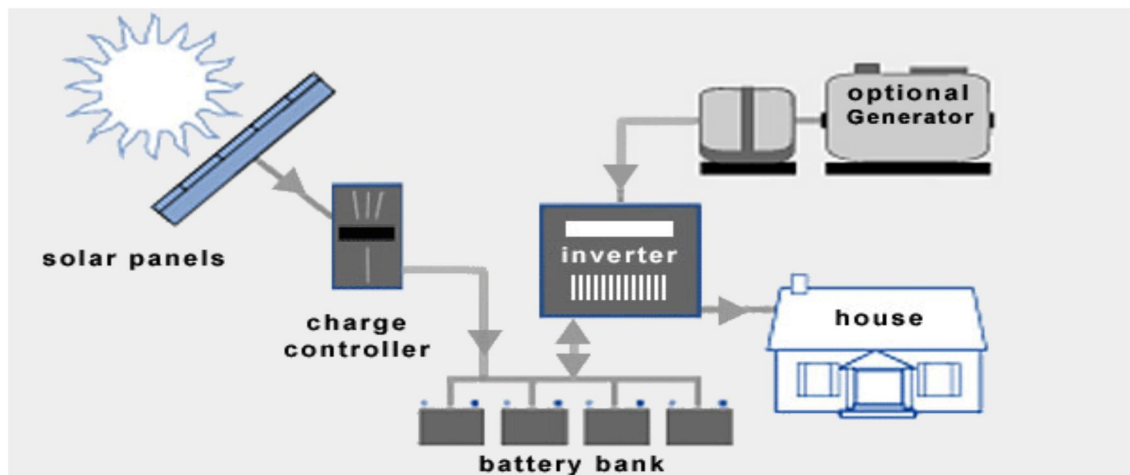
Sähköverkkostoon kytketyn on-grid-järjestelmän kautta tuotettu sähkö on mahdollista käyttää tai palauttaa takaisin sähköverkkostoon. Sähköverkkoon palauttaessa järjestelmässä pitää olla invertteri eli vaihtosuuntaaja, joka vaihtaa aurinkopaneeleilta saatavan tasavirran (DC) vaihtovirraksi (AC) kuva 7. [7.]



Kuva 7. Pelkistetty kaavio on-grid-järjestelmästä [7.]

Off-grid-järjestelmä

Off-grid-järjestelmä on järjestelmä, jota kannattaisi käyttää esimerkiksi asuntovaunuissa tai kesämökeissä, joissa ei ole sähköverkkoa, vaan kaikki sähkö tuotetaan itse aurinkopaneelien avulla. Jos asuntovaunu tai kesämökki on ympäri vuoden käytössä, on rinnalle pyrittävä rakentamaan toinen energianlähde joko tuulivoimasta tai aggregaateista, koska aurinkoenergian tuotto talvella on hyvin vähäistä kuva 8. [7.]



Kuva 8. Off-grid-järjestelmästä [7.]

5 Ennen järjestelmän hankintaa

Aurinkosähköjärjestelmän hankinnan ja käytön kannattavuuteen vaikuttaa moni asia. Tärkeimpiä ovat järjestelmän hinta ja mitoitus, kohteen sähköhintaa, auringon säteily-määrä ja paneelien asennus. Aurinkopaneelit vaativat usein runsaasti tilaa ja asennus kannattaa tehdä siten, että aurinkopaneeleille tulevat varjostukset saadaan hävitettyä tai minimoitua. Järjestelmän kannattavuuden kannalta aurinkojärjestelmä pitää mitoittaa hyvin tarkasti. Aurinkosähkön tuottajan kannattaa hyödyntää ja käyttää mahdollisimman suuri osa aurinkosähköstä itse, jolloin ylijäämäsähköä jää mahdollisimman vähän myytäväksi sähköverkkoon. [8.]

Kannattavuuslaskelmat näyttävät, että sähköjärjestelmä kannattaa asentaa suoraan kulutuskohteeseen ja se kannattaa mitoittaa sijoituskohteen kulutuksen mukaan yhteensopivaksi siten, että aurinkoenergian pystyy kuluttamaan kaiken itse. Yritykset ja kunnat voivat hakea aurinkovoimalainvestointiin työ- ja elinkeinoministeriöstä energiainvestointiavustusta. Kotitaloudet saavat aurinkoenergiainvestoinnin työkustannuksista kotitalousvähennystä. Suurempien aurinkovoimaloiden rakentaminen ja sähkön tuottaminen pelkästään myyntiä varten ei ole kannattavaa vielä, vaan oma kulutus ensin ja tiettyjen kalliiden ns. pörssisähkötuntien syöttö voi olla jo kannattavaa, jolloin tuntihinta voi olla yli 100 €/tunti. [8.]

Aurinkopaneelien asentamisen lupakäytännöt vaihtelevat sen mukaan, mihin ja minkälaiseen rakennukseen laitteisto asennetaan. Maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen jälkeen periaatteessa vain kaupunkialueen tai ympäristöön huomattavasti muuttavan aurinkopaneelin tai -keräimen asentaminen tai rakentaminen vaatisi toimenpideluvan. Poikkeuksena ovat muun muassa suojellut rakennukset, minkä lisäksi myös suuret järjestelmät voivat edellyttää esimerkiksi rakennusluvan.

Mahdollista on siis, että;

- asentaminen on kokonaan kielletty
- rakennusvalvonta virasto haluaa toimenpideluvan tai kaupunkikuva-arkkitehdin tai muun vastaavan hyväksynnän
- rakennusvalvonta haluaa toimenpideilmoituksen
- rakennusvalvonta ei vaadi mitään. [8.]

Mahdollisten lupavaatimuksia kannattaa aina tarkistaa kunnan rakennusvalvonnasta hyvissä ajoin ennen laitteistojen hankintaa ja on myös syytä varmistaa paikallinen käytäntö paikallisesta kunnasta. [8.]

6 Hankinta ja Asennus

Aurinkosähköjärjestelmää mitoitettaessa tärkein asia on kohteessa sähkönkulutus. Järjestelmä pyritään mitoittamaan siten, että saadaan hyödynnettyä aurinkopaneeleista mahdollisimman paljon itse ilman ylijäämän myyntiä. Taloudellisesti parhaaseen tulokseen päästään, kun järjestelmä on mitoitettu oikeankokoiseksi.

Kun pyrkimys on saada mahdollisimman lyhyt takaisinmaksuaika aurinkojärjestelmälle, pitää järjestelmä suunnitella siten, ettei aurinkosähköjärjestelmän nimellisteho ylitä kohteen käytettyä sähkön tarvetta eli ns. pohjakulutusta. Kaikki ylijäämä sähkö, joka joudutaan syöttämään verkkoon takaisin, lisää takaisinmaksuaikaa, sillä vaikka siitä sähköyhtiö maksaisi sähkön pörssihintaa, ei myydyn sähkön hinta vastaa ostosähkönhintaa. [8.]

Aurinkosähköjärjestelmä liitetään järjestelmän suuruuden mukaan joko kolmi- tai yksivaiheisesti. Kuvassa 9 kuvaillaan aurinkosähköjärjestelmän liitäntää sähköverkkoon. Aurinkosähköjärjestelmää liitettäessä sähköverkkoon on kiinnitettävä huomiota standardien ja järjestelmävalmistajan määräyksiin siitä, miten aurinkosähköjärjestelmä tulisi asentaa. Suositeltavaa on käyttää aurinkojärjestelmän kytkemisessä sähköalan ammattilaista, joka on perehtynyt järjestelmään ja sen asentamiseen. [9.]

Kiinteästi asennetun aurinkosähköpaneelin kallistuskulmaa ei tarvitse määrittää, mikäli sähköjärjestelmään kytketään seurantalaitte. Seurantalaitteita on kolmentyyppisiä, paras seurantalaitte seuraa auringonsäteilyä kääntelemällä sekä aurinkopaneelien kallistuskulmaa sekä paneelien suuntausta automaattisesti auringon liikkuesssa. Seurantalaitte nostaa energiantuottoa paljon. Suomessa paras ilmansuunta aurinkopaneelleille on etelä. Asennettaessa aurinkopaneelleita on tarkastettava myös mahdolliset varjot, jotka heikentävät energiantuottoa. Varjostukset mahdollisuuksien mukaan on poistettava aurinkojärjestelmän edestä.

Aurinkopaneelit kytketään rinnan tai sarjaan. Rinnankytkentä nostaa sähköjärjestelmän ulostulovirtaa ja sarjaan kytkentä ulostulojännitettä. Yksi aurinkopaneeli tuottaa paneelikoosta johtuen noin 25–35 V jännitettä ja 6–8 A virran. Yleensä kytkentä tapana käytetään sarjaan kytkentää, koska yksi paneeli tuottaa hyvin alhaisen ulostulojännitteen. [2.]

7 Sähkönkulutus ABB Wiring Accessories tehtaalla

Nykyinen Enerkey mittausteknologia perustuu pitkälti Energiakolmio Oy:n tarjoamaan palveluun. Se tarjoaa energiankulutusraportteja tuntitasolta vuositason. Palvelu mainostaa itseään kattavana, selkeänä ja helposti hallittavana. Tämä perustuu siihen, että kaikki kiinteistöä koskevat tiedot ja analyysit löytyvät samasta järjestelmästä. Enerkeyn ilmoittamien lukemien perusteella vuonna 2017 ABB Wiring Accessories Oy:n tehtaalla kulutettiin 2 162 214 kWh sähköenergiaa. Pienin kulutus on ollut joulukuussa (157 104 kWh) ja suurin maaliskuussa (244 326 kWh). [11.]

Taulukko 1. Vuoden 2017 kulutus kuukausittain [11.]

Kuukausi	Sähkönkulutus [kwh]
Tammikuu	218 697
Helmikuu	203 093
Maaliskuu	244 326
Huhtikuu	200 784
Toukokuu	180 558
Kesäkuu	225 056
Heinäkuu	225 467
Elokuu	183 776
Syyskuu	210 986
Lokakuu	198 817
Marraskuu	202 517
Joulukuu	157 104
Yhteensä	2 451 181

EnerKey-energianjohtamisjärjestelmä auttaa organisaatiota tunnistamaan energian- säästön mahdollisuudet. EnerKeyn avulla voi myös seurata jo tehtyjen energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutuksia.

EnerKeyn tuottaman kulutusdatan, kattavan suunnittelun ja energiatehokkuustoimenpiteiden avulla on luvattu saavuttaa jopa 30:n% kustannussäästöt aiempaan kulutukseen verrattuna.

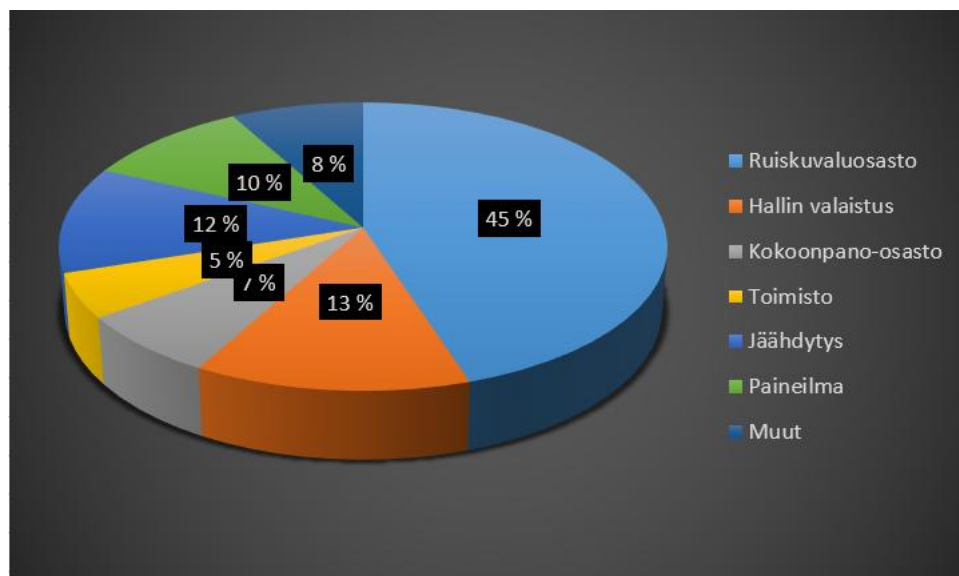
Energian tietokantaan kerätyt mittaustiedot ovat käytössä EnerKeyn energiaraportoinnin kautta. Laadunvalvonta takaa, että käytössä oleva data on aina luotettavaa ja ajantasaista. Palvelu kattaa ja antaa tehtaalle selkeät raportit sähkönkulutuksesta tunneittain tai aina vuositasolle asti. Kokonaisuuden hallinnointi ja kohteiden keskinäistä vertailua voidaan seurata järjestelmällä, sillä käytössä olevat kaikkia kiinteistöä koskevat tiedot, analyysit ja yhteenvedot. [11.]

Toinen tehtaalla käytetty mittausjärjestelmä Enerkeyn lisäksi on Schneider Electricin tuottama TAC Vista Workstation. TAC Vista on IT-järjestelmä, jota käytetään valvomaan ja ohjaamaan erilaisia järjestelmiä, kuten lämmitystä ja valaistusta. TAC Vista Workstation on alusta, jolla käyttäjä pystyy tekemään päivittäisiä muutoksia järjestelmään. Alusta

on PC-pohjainen ohjelma, jonka voi asentaa mille tahansa lähiverkossa olevalle koneelle. Käyttöliittymä on täysin muokattavissa käyttäjän tarpeiden mukaiseksi. Erilaisia kuvaajia ja taulukoita pystytään luomaan selkeän kuvan luomiseksi eri muuttujista. Järjestelmää käytetään nykyään ABB:llä lähinnä ilmanvaihtojärjestelmän valvomiseen. TAC Vista Workstationia voi kuitenkin käyttää hyödyksi myös visuaalisten tulosten näyttämiseen. [12.]

7.1 Jäähdytysjärjestelmän sähkönkulutus ABB Wiring Accessoriesilla

Jäähdytysjärjestelmän kulutus ABB Wiring Accessoriesilla on saatu TAC Vista-järjestelmän kautta kuva 10. Mitattu arvo on 29319 kwh vuodessa, joka on noin 12 % koko tehtaan sähkönkulutuksesta.



Kuva 10. Sähkönkulutuksen jakauma ABB Wiring Accessories [11.]

8 Aurinkopaneelien kustannukset

8.1 Järjestelmän kustannus

Jäähdytysjärjestelmän sähkönkulutus tehtaalla vuosittain on noin 30000 kwh. Siihen tarvittava aurinkopaneelijärjestelmän koko olisi teholtaan 7 – 25 kwp taulukon 2 suuntaa-antavan mitoituksen mukaan.

Taulukko 2. Suuntaa-antava mitoitus

Sähkönkulutus vuodessa [kwh]	Soveltuva järjestelmäkoko
30000 - 60000	7 - 25 kwp
60000 - 100000	12 - 40 kwp
100000 - 200000	20 - 80 kwp
200000 - 300000	40 - 120 kwp
300000 - 400000	60 - 160 kwp

Verkkoon kytkettävien järjestelmien hinnat vaihtelevat suuresti riippuen järjestelmän teholuokasta ja siitä, ostaako sähköyhtiöltä valmiin paketin vai ostaako laitteet erikseen ja asennuttaa järjestelmän. Hintaan vaikuttaa myös se, kuinka suuri on oman työn osuus.

8.2 Järjestelmän takaisinmaksuaika

Laskin tehtaan aurinkoenergian tuottamista varten kohdistetun avaimet käteen -ratkaisun takaisinmaksuajasta laskelman. Otin laskelmaan 28 paneelin off-grid-järjestelmän, jonka sähköntuoton huipputeho on 7 kWp.

Aurinkojärjestelmäpaketti maksaa noin 8500 € (Solar Shop) sisältäen aurinkopaneelit, järjestelmän toimituksen, vaihtosuuntaajan, sähkötarvikkeet ja kattokiinnikkeet. Aurinkopaneelien tuottaman energian arvioitu määrä on noin 70000 kWh vuodessa. Katto pinta-alaa aurinkopaneelien asentamiseen menisi noin 50m². Jos sähkön hinta on veroinen ja siirto-maksuineen keskimäärin 15 snt/kWh, tuottaa järjestelmä vuodessa 0,15 € * 7000kWh = 1050 € arvosta sähköä. Järjestelmän takaisinmaksuaika on täten 8 vuotta.

$$8500\text{€} \div 1050\text{€} = 8\text{v}$$

8.3 Energiatuet yrityksille

Yritysten ja yhteisöjen on mahdollista saada energiatukea investointi- ja kehittämishankkeisiin, kun niillä edistetään uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä, energian säästöä tai jos investoinnilla pystytään vähentämään energian tuotannosta tai käytöstä aiheutuvia ympäristöhaittoja. Erityisesti energiatuella pyritään edistämään uutta teknologiaa ja sen markkinoille saattamista. (energia-tehokkaasti.fi.) Vuonna 2016 hakemukset toimitettiin oman alueen ELY-keskukseen, mutta tuen hallinnointi ja päätökset tehtiin keskitetysti Pirkanmaan ELY-keskuksessa. Investointikustannusten noustessa yli 5 miljoonan euron ja uutta teknologiaa sisältävien hankkeiden käsittely tapahtui TEMin energiaosastolla. (energiatehokkaasti.fi.)

Vuoden 2017 alusta energiatukien hakeminen, myöntö ja maksatus siirtyvät kuitenkin TEKESiin. Tukilinjaukset tulevat TEMistä alkuvuodesta 2017 ja tukiprosentit saa selville TEMin ja TEKESin internetsivuilta. Uudet vuoden 2017 määrärahat ovat yleensä olleet haettavissa heti tammi/helmikuun vaihteessa. [13.]

Taulukko 3. näkyvät yritysten uusiutuvan energian investointituet vuonna 2017. Aurinkosähköhankkeissa sen suuruus on 25 prosenttia. [13.]

Lämpökeskushankkeet (puu polttoaineet)	10–15 %
Lämpöpumppuhankkeet	15 %*
Aurinkolämpöhankkeet	20 %
Pienvesivoimahankkeet	15–20 %
Kaatopaikkakaasuhankkeet	15–20%
Aurinkosähköhankkeet	25 %
Biokaasuhankkeet	20–30 %
Pientuulivoimahankkeet	20–25 %

Aurinkopaneelien investointi hankkeeseen hyväksyttäviä kustannuksia ovat:

- hankkeeseen kohdistuvat rahapalkat työajan seurannan mukaisesti
- henkilösivukustannukset
- matkakustannukset (vain selvityshankkeissa)
- aine- ja tarvikekustannukset
- laitehankinnat
- ostetut palvelut
- mahdolliset tilintarkastajan tarkastusraportin kustannukset

Mikäli ABB Wiring Accessories Oy yhtiöllä on suunnitelmia uusiutuvan energian käytön lisäämiseen tai energian säästämiseen liittyvästä investoinnista tai aikovat teettää energiakatselmuksen selvittääkseen yrityksen energian säästökohteita, on hyvä keskustella energiatukitiimin asiantuntijoiden kanssa.

Energiatukea voivat saada:

- kaiken kokoiset yritykset, mukaan lukien ammatin- ja liikkeenharjoittajat sekä toiminimet
- yhteisöt, kuten kunnat, seurakunnat ja säätiöt

Energiatukea eivät saa:

- asunto-osakeyhtiöt
- asuinkiinteistöt
- maatilat tai niiden yhteydessä toteutettavat hankkeet, lukuun ottamatta sellaisia maatalan yhteydessä toteutettavia hankkeita, jossa tuotettava energia käytetään maatalouden tuotantotoiminnan ulkopuolella
- valtionosuutta saavat perustamishankkeet
- organisaatiot, joiden toiminta rahoitetaan valtion talousarviosta
- valtion talousarviosta annetussa laissa (423/1988) tarkoitettuun taloushallinto-organisaatioon kuuluville virastoille, laitoksille ja muille toimielimille

9 Yhteenveto

Hyvä ja laadukkaan aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu on monivaiheinen prosessi, johon vaikuttaa monet tekijät. Kunnolliseen suunnitelmaan pyritään miettimään paras mahdollinen aurinkopaneelien suuntaus, sijoitus sekä järjestelmän sähkötehon mitoitus ja kaikkien komponenttien valinta.

Paras hyöty aurinkosähköjärjestelmästä saadaan silloin, kun aurinkopaneelien suuntaus, asennuspaikka ja mitoitus on suunniteltu hyvin. Pyrkimyksenä on, että aurinkopaneeliin paistaa aurinko mahdollisimman paljon ja pitkään. Aurinkopaneelien asentamiseen kuuluu tärkeänä osana myös aurinkojärjestelmän nimellistehon mitoittaminen. Mitä isompi nimellisteho järjestelmällä on, sitä enemmän aurinkopaneelit vievät asennuspinta-alaa. Tässä on syy, minkä takia järjestelmää ei kannata ylimitoitaa rakennusten sähkönkulutukseen nähden. Ylimitoitus nostattaa myös järjestelmän takaisinmaksuaikaa, eikä nykyisellä tekniikalla Suomessa pystytä kuitenkaan kaikkea sähkönkulutusta hyödyntämään pelkällä aurinkosähköllä. Aurinkosähköjärjestelmät toimivat siis parhaiten rakennusten kulutusten tasoittajina. Oikein suunniteltu aurinkosähköjärjestelmä säästää rahaa ja luontoa.

Työn tavoitteena oli tehdä suunnitelma aurinkopaneeleista, jotka hyödynnettäisiin jäähdytysjärjestelmän käytössä. Laskin tarjouksen perusteella takaisinmaksuajan ABB Wiring Accessories Oy:n tehtaalle aurinkopaneeleista. Työtä ei saatu vietyä rakennusvaiheeseen asti, kun ilmeni ongelmia ABB Wiring Accessories Oy:n tehtaan katon kantavuuden kanssa.

Tämä insinöörityö antoi minulle paljon arvokasta tietoa aurinkoenergiasta ja yleisesti aurinkopaneeleista ja sen käyttökohteista. Työssäni sain tutustua erilaisiin aurinkopaneeli tyyppeihin joita markkinoilta löytyy jo useita. Sain tehtyä laskelman aurinkopaneelien hankkimisesta ABB Wiring Accessories tehtaalle sekä myös takaisinmaksulaskelman. Laskelman perusteella tulevaisuudessa ABB voi harkita hankkivansa aurinkopaneeleita jäähdytysjärjestelmän käyttämiseen.

Lähteet

- 1 ABB Internet sivusto. <<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/yksikot/wiring-accessories>>. Luettu 21.1.2018.
- 2 Erat, B., Erkkilä, V., Nyman, C., Peikko, K., Peltola, S. & Suokivi, H. (toim.) 2008. Aurinko-opas, aurinkoenergiaa rakennuksiin. Porvoo: Aurinkoteknillinen Yhdistys ry. Luettu 1.2.2018.
- 3 Solpros 2001. Aurinkoenergia Suomen olosuhteissa ja sen potentiaali ilmastomuutoksessa. <http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/3rdeport_final.PDF>. Luettu 10.2.2018.
- 4 STUK Internet sivusto. <<http://www.stuk.fi/aiheet/sateilyymparistossa/sateilytilannetanaan>>. Luettu 13.2.2018.
- 5 Sunteknon Internet sivusto. <<http://suntekno.bonsait.fi/aurinkopaneelit>>. Luettu 13.2.2018.
- 6 Eurosolarin Internet sivusto. <<http://www.eurosolar.fi/>>. Luettu 1.3.2018.
- 7 Energyinformative Internet sivusto. <<http://energyinformative.org/grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems>>. Luettu 12.3.2018.
- 8 Motiva Internet sivusto. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko>. Luettu 12.3.2018.
- 9 Kuronen, J. 2013. ST-Kortti 55.33: Aurinkoenergiaa hyödyntävät laitteet ja niiden liittäminen rakennuksen sähköjakelujärjestelmään. ST-kortisto. Sähkötieto ry. Luettu 25.3.2018.
- 10 Suomen Standardisoimisliitto SFS RY 2012. SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset 2012. Luettu 25.3.2018.

- 11 Enerkey Internet sivusto. <<https://www.enegia.com/fi/enerkey/>>. Luettu 27.3.2018.
- 12 TAC Vista Internet sivusto. <<https://www.schneider-electric.com/en/product-range-presentation/2312-tac-vista/>>. Luettu 27.3.2018.
- 13 Työ – ja elinkeinoministeriön Internet sivusto. <<http://tem.fi/energiatuki>>. Luettu 20.4.2018.

LIITE 1 Aurinkosähköjärjestelmien keskimääräiset avaimet käteen – asennushinnat vuonna 2016

Kategoria* / koko kW	Tyypillisiä sovelluskohteita ja lisäetuja	Hinnat €/kWp (ALV 0%)
Verkkoon kytketyt yli 1 000 kW (1 MW) järjestelmät, maa-asennus	Teollisen mittakaavan aurinkovoimalat, joista tuotanto myydään sähköpörssiin. Voimalaitoksia ei vielä ole Suomessa.	1 200 – 1 000 €/kWp
Verkkoon kytketyt yli 250 kW järjestelmät, kattoasennus	Aurinkosähköä tuotetaan teollisuus- tai isoissa kaupan alan kiinteistöissä omaan kulutukseen.	1 300 – 950 €/kWp
Verkkoon kytketyt 10 – 250 kW järjestelmät, kattoasennus	Aurinkosähköä tuotetaan toimisto- ja kaupparakennuksissa ja kuntakiinteistöissä omaan kulutukseen.	1 350 – 1 050 €/kWp
Verkkoon kytketyt alle 10 kW järjestelmät	Aurinkosähköä tuotetaan omakotitaloissa ja muissa pienissä rakennuksissa omaan kulutukseen.	2 000 – 1 300 €/kWp
Yli 1 kW aurinkosähkö- ja akkujärjestelmät (off-grid)	Aurinkosähköä tuotetaan sähköverkon ulkopuolisiin kesämökkeihin ja muihin pieniin rakennuksiin.	3 500 €/kWp